

## DC drive emergency braking circuit - has pulse controller supplying excitation current during emergency braking with extra controller for armature current

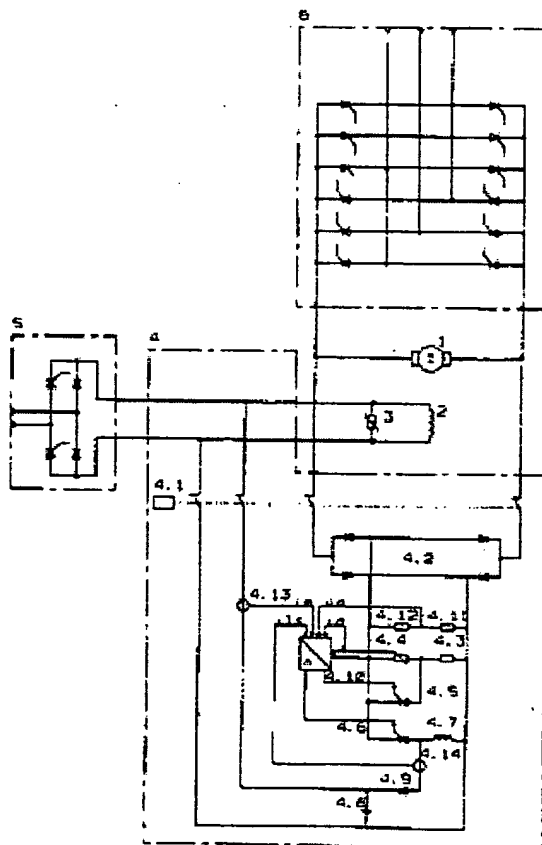
**Patent number:** DE4207362  
**Publication date:** 1993-09-09  
**Inventor:** WOLF HEINZ DR ING (DE); HALANG HEINZ (DE);  
EWERT KLAUS DIPL ING (DE); PRANSKAT HANS-  
GUENTER DIPL ING (DE)  
**Applicant:** ELPRO AG (DE)  
**Classification:**  
- **International:** H02P3/12  
- **European:** B21B33/00; H02P3/12  
**Application number:** DE19924207362 19920304  
**Priority number(s):** DE19924207362 19920304

### Abstract of DE4207362

The braking circuit inserts one or more braking resistances into a motor armature circuit for emergency braking of a DC drive. The DC motor excitation current motor drive during the emergency braking is supplied by a pulse controller fed by the armature voltage. The excitation current is controlled so that in the whole speed range, the max. possible magnetic flux is set up in the magnetic circuit of motor.

A braking current controller is provided to keep the current constant. The excitation current controller allows the armature voltage to be held constant in weakened magnetic field operation and the excitation current is held constant in the armature current controlled operation.

**USE/ADVANTAGE** - For e.g. winding reel motor, and-or main drive of cold rolling mill. Inexpensive braking for high loads, guaranteeing full braking torque without use of auxiliary voltage sources. Motor is stopped as quick as possible on break-down, minimising possible damage to end product.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 42 07 362 A 1

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**H02 P 3/12**  
// B21B 33/00, B65H  
16/10, 18/10

②1 Aktenzeichen: P 42 07 362.6  
②2 Anmeldetag: 4. 3. 92  
④3 Offenlegungstag: 9. 9. 93

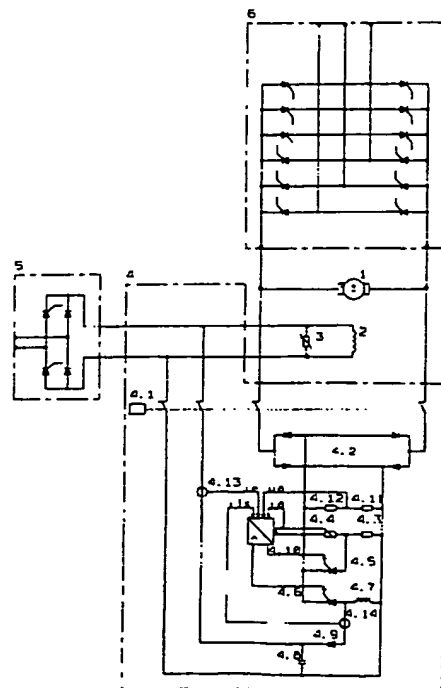
DE 42 07 362 A 1

⑦1 Anmelder:  
Elpro AG Berlin - Industrieelektronik und  
Anlagenbau -, O-1140 Berlin, DE

⑦2 Erfinder:  
Wolf, Heinz, Dr.-Ing., O-1134 Berlin, DE; Halang,  
Heinz, O-1162 Berlin, DE; Ewert, Klaus, Dipl.-Ing.,  
O-1141 Berlin, DE; Pranskat, Hans-Günter, Dipl.-Ing.,  
O-1136 Berlin, DE

⑤4 Schaltungsanordnung zur Notbremsung von Gleichstromantrieben

⑤7 Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, Maßnahmen zur Notbremsung von Gleichstromantrieben im Leistungsbe-  
reich bis hin zu großen Leistungen zu schaffen, die im  
gesamten Drehzahlbereich, also bis fast zum Stillstand, ein  
volles Bremsmoment gewährleisten, dabei von Hilfsspan-  
nungsquellen möglichst unabhängig sind und einen ver-  
gleichsweise geringen Aufwand besitzen.  
Erfindungsgemäß wird der Erregerstrom für den Gleich-  
strommotor während des Notbremsbetriebes von einem von  
der Ankerspannung des Gleichstrommotors gespeisten Puls-  
steller geliefert, mit dem der Erregerstrom im gesamten  
Drehzahlbereich so geregelt wird, daß sich im Magnetkreis  
des Gleichstrommotors der maximal zulässige Magnetfluß  
einstellt. Zusätzlich kann ein Steller für den Bremsstrom  
vorgesehen sein, der den Ankerstrom im Ankerstellbereich  
konstant zu halten vermag.  
Die Lösung zielt auf alle technologischen Anlagen, die durch  
Gleichstrommotoren angetrieben werden und die im Hava-  
riefall, z. B. bei Speisespannungsausfall, so schnell wie  
möglich stillgelegt werden müssen, um den sonst eventuell  
entstehenden Schaden am Endprodukt zu begrenzen, z. B.  
Haspeln und/oder Hauptantriebe von Kaltwalzwerken.



DE 42 07 362 A 1

Technologische Anlagen, die durch Gleichstrommotoren angetrieben werden, z. B. Haspeln und/oder Hauptantriebe von Kaltwalzwerken, müssen im Havariefall schnell stillgesetzt werden, um den sonst eventuell entstehenden Schaden am Endprodukt zu begrenzen. Die Gleichstrommotoren sind deshalb so schnell wie möglich bis zum Stillstand abzubremsen.

Ist die Ursache der Havarie ein Speisenausfall oder fällt das Netz während der Havarie aus, so bereitet das Bremsen der Gleichstrommotoren wegen der fehlenden Rückspeisemöglichkeit und wegen des Ausfalls der Feldspeisung erhebliche Schwierigkeiten.

Man verwendet deshalb zum Notbremsen Bremswiderstände, die bei Spannungsausfall mit Hilfe eines Negativschützes, dessen Kontakte also im stromlosen Zustand geschlossen sind, parallel zum Anker geschaltet werden und die die kinetische Energie des Antriebes in Wärme umsetzen. Der Erregerstrom muß einer unabhängigen Quelle, z. B. einem Akkumulator, entnommen werden.

Mit absinkender Drehzahl sinken Ankerspannung, Feldstrom, Bremsstrom und damit das Bremsmoment, so daß der Bremsvorgang verzögert wird. In groben Stufen lassen sich durch weitere Schaltgeräte, die durch eine unabhängige Steuerspannung versorgt werden, Feldstrom und Bremswiderstand an die aktuelle Drehzahl anpassen, ohne jedoch das Optimum eines bis zum Stillstand konstanten Bremsmomentes zu erreichen.

Um bei einer derartigen Schaltung auf mechanische Schaltgeräte und unabhängige Erregerstromquellen verzichten zu können, wird in DE-B 28 55 093 vorgeschlagen, die Schalter durch Thyristoren zu ersetzen und die Erregerwicklung über Vorwiderstände und Thyristoren an die Ankerspannung anzuschließen. Der Anker- und der Erregerstrom werden in mehreren Stufen an die sinkende Drehzahl und Ankerspannung angepaßt.

Eine weiterer Vorschlag — DE-C 35 39 841 — befaßt sich vorwiegend mit der Bremsung von Reihenschlußkommutatormotoren für Elektrowerkzeuge. Er sieht einen stetig stellbaren Bremswiderstand vor, der aus einer Parallelschaltung eines Widerstandes mit einem Transistor besteht. Diese Lösung kann jedoch nur bei kleiner Leistung angewendet werden.

Für ähnliche Zwecke und ebenfalls für kleine Leistungen wird eine Schaltung in DE-A 39 24 429 vorgeschlagen, die der Lösung nach DE-C 35 39 841 weitgehend ähnlich ist.

Große Leistungen und hohe Spannungen lassen sich nur mit einer Lösung nach oben erwähnten DE-B 28 55 093 realisieren, die jedoch folgende Nachteile besitzt:

- Eine Bremsung ist nur bis zu einer Ankerspannung möglich, die gleich der Nennerregerspannung ist. Darunter fallen Erregerstrom und Ankerspannung sehr schnell (wechselseitig bedingt) auf Null ab. Die Abfallgeschwindigkeit hängt von der Erregerzeitkonstante ab.

- Es ist nur eine stufenweise Anpassung an die drehzahlabhängige Ankerspannung möglich. Damit wird die Bremszeit verlängert.

- Der Aufwand für Widerstandsstufen und Steuereinrichtungen sowie Schalththyristoren und zusätzliche Energiespeichereinrichtungen ist vergleichsweise hoch.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die aufgeführten Nachteile bekannter Lösungen zu vermeiden, insbesondere Maßnahmen zur Notbremsung von Gleichstromantrieben im Leistungsbereich bis hin zu großen Leistungen zu schaffen, die im gesamten Drehzahlbereich, also bis fast zum Stillstand, ein volles Bremsmoment gewährleisten, dabei von Hilfsspannungsquellen möglichst unabhängig sind und einen vergleichsweise geringen Aufwand besitzen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß der Erregerstrom des Gleichstrommotors im Notbremsbetrieb von einem Pulssteller geliefert wird, der von der Ankerspannung des Motors gespeist wird und der den Erregerstrom im gesamten Drehzahlbereich so einstellt, daß im Magnetkreis des Motors der maximal zulässige Magnetfluß erreicht wird.

Zusätzlich kann ein Steller für den Bremsstrom vorgesehen sein, der im Ankerstellbereich den Ankerstrom konstant zu halten vermag.

Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung können den Unteransprüchen entnommen werden.

Die Erfindung wird nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Die zugehörige Zeichnung zeigt eine bevorzugte Schaltungsanordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Die Schaltungsanordnung zeigt einen Gleichstrommotor 1, der über einen gesteuerten Gleichrichter 6 aus einem dreiphasigen Netz gespeist wird. Die Erregerwicklung 2 ist über einen eigenen Erregergleichrichter 5 mit zwei Phasen desselben oder eines separaten Netzes verbunden.

Im Havariefall wird die Ankerspannung ua des Gleichstrommotors 1 an eine Bremsschaltung 4 angeschlossen. Das geschieht im vorliegenden Ausführungsbeispiel über die Kontakte eines Negativschützes 4.1. Die Verbindung kann aber auch über Thyristoren realisiert werden. Die Erregerwicklung 2 des Gleichstrommotors 1 wird ebenfalls über Kontakte des Negativschützes 4.1 oder direkt an die Bremsschaltung 4 angeschlossen und zwar an den erfindungsgemäß vorgesehenen Pulssteller, hier in Form einer Parallelschaltung zu einem Speicherkondensator 4.8, der Bestandteil dieses Pulsstellers ist.

Der die Erregerwicklung 2 des Gleichstrommotors 1 im Normalbetrieb speisende Erregerstromrichter 5 kann im Havariefall angeschlossen bleiben.

Den Eingang der Bremsschaltung 4 bildet eine Grätzbrücke 4.2. Diese kann entfallen, wenn sich die Polarität der Ankerspannung ua während des Betriebes nicht ändert.

An den Gleichspannungsausgang der Grätzbrücke 4.2 ist in dieser bevorzugten Variante die Reihenschaltung von zwei Teilwiderständen 4.3 und 4.4 des erforderlichen Bremswiderstandes angeschlossen, der Teilwiderstand 4.4 kann dabei durch einen abschaltbaren (GTO-)Thyristor 4.5 überbrückt sein, wodurch ein Bremsstromsteller realisiert wird. Der Bremswiderstand setzt die kinetische Energie des Antriebes bei einer erforderlichen Bremsung in Wärme um. Die Summe der Teilwiderstände ( $4.4 + 4.3$ ) ist so bemessen, daß bei Anlegen der Ankernennspannung der Ankernennstrom fließt. Außerdem ist der Teilwiderstand 4.3 sehr viel kleiner als der Teilwiderstand 4.4, im Einzelfall kann der Teilwiderstand 4.3 auch Null, d. h. weggelassen werden.

Die Erregerwicklung 2 des Gleichstrommotors 1 wird durch einen nichtlinearen Schutzwiderstand 3 gegen Überspannung geschützt.

Der Erregerstromsteller besteht aus einer Speicher-

drosselspule 4.7, einem Speicherkondensator 4.8, einem abschaltbaren (GTO-)Thyristor 4.6 und einer Sperrdiode 4.9. Der Brems- und der Erregerstromsteller werden durch eine Informationselektronik 4.10 gesteuert, deren Stromversorgung zweckmäßig aus der Bremschaltung 4 selbst erfolgt und die die Ankerspannung  $u_a$  über einen Spannungsteiler mit den Widerständen 4.11 und 4.12, den Ankerstrom  $i_a$  (gleich Bremsstrom) über eine Anzapfung des Teilwiderstandes 4.4 und den Erregerstrom  $i_e$  über den Meßwandler 4.13 erfaßt und verarbeitet.

Die Informationselektronik 4.10 wird z. B. von einer Anzapfung des Teilwiderstandes 4.4 des Bremswiderstandes aus versorgt, der auch, wie oben bereits gesagt, gleichzeitig der Istwert des Ankerstromes  $i_a$  entnommen werden kann.

Anstelle des Teilwiderstandes 4.3 oder zusätzlich zu diesem kann auch eine Drosselspule eingesetzt werden, wenn eine zu kleine Ankerinduktivität zu hohe Pulsfrequenzen des Ankerstromstellers ergibt.

Nachfolgend wird die Arbeitsweise der Schaltungsanordnung erläutert:

Es wird dabei angenommen, daß der Antrieb aus einer Drehzahl heraus gebremst wird, die größer als die Grunddrehzahl bei Ankernennspannung und maximalem Erregerstrom ist, d. h. daß der Antrieb in diesem Betriebszustand im Feldschwächebereich arbeitet.

Der Erregerstromsteller hat dabei folgende Funktion:

Der Erregerstrom  $i_e$  fließt im Freilaufkreis Erregerwicklung 2, Speicherdrosselspule 4.7, Sperrdiode 4.9. Der exponentiell abklingende Erregerstrom  $i_e$  und die sinkende Drehzahl lassen die Ankerspannung  $u_a$  kleiner werden. Bei Erreichen einer eingestellten unteren Toleranzgrenze für die Ankerspannung  $u_a$  zündet die Steuerung der Informationselektronik 4.10 den Thyristor 4.6. Der Strom in der Speicherdrosselspule 4.7 steigt im Kreis Gleichstrommotor 1, Grätzbrücke 4.2, Speicherdrosselspule 4.7, Thyristor 4.6, Grätzbrücke 4.2 an. Nach einer einstellbaren Zeit wird der Thyristor 4.6 wieder gelöscht und die in der Speicherdrosselspule 4.7 gespeicherte Energie fließt in die Parallelschaltung aus Erregerwicklung 2 und Speicherkondensator 4.8. Erregerstrom  $i_e$  und Kondensatorspannung steigen an. Diese Pulsung wird solange wiederholt, bis die Ankerspannung  $u_a$  die vorbestimmte obere Toleranzgrenze erreicht. Der Thyristor 4.6 bleibt dann abgeschaltet, bis die untere Toleranzgrenze der Ankerspannung  $u_a$  wieder erreicht und damit eine neue Pulsperiode eingeleitet wird.

Mithin wird der Erregerstrom  $i_e$  im Feldschwächebereich durch den Erregerstromsteller so eingestellt, daß sich die Ankerspannung  $u_a$  unabhängig von der Drehzahl nur innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbandes, das im Bereich der Ankernennspannung liegt, bewegen kann. Der Mittelwert des Erregerstromes  $i_e$  steigt dabei mit fallender Drehzahl bis auf seinen Nennwert bei Grunddrehzahl an.

Unterschreitet die Drehzahl die Grunddrehzahl, so sinkt auch die Ankerspannung  $u_a$  bei vollem Feld drehzahlproportional ab. Um den Erregerstrom  $i_e$  in diesem Bereich auf dem Nennwert zu halten, wird der Erregerstromsteller abhängig vom Erregerstrom  $i_e$  gesteuert. Der Erregerstrom  $i_e$  wird somit innerhalb eines Toleranzbandes gehalten, so daß sein Mittelwert dem Nennwert entspricht.

Unterschreitet der Erregerstrom  $i_e$  oder der Strom  $i_s$  in der Speicherdrosselspule 4.7, der mit dem Meßwandler 4.14 erfaßt wird, die untere Grenze dieses Toleranz-

bandes, so wird der Thyristor 4.6 gezündet und nach der eingestellten Zeit wieder gelöscht. Dieser Vorgang wird wiederholt, bis der Nennerergerstrom wieder erreicht ist.

Die dem Feldkreis aus dem Ankerkreis zugeführte Energie wird dabei zunächst unabhängig von der Größe der Ankerspannung  $u_a$  in der Speicherdrosselspule 4.7 gespeichert, dann an den Speicherkondensator 4.8 abgegeben und an die Erregerwicklung 2 weitergeleitet. Dadurch kann der Erregerstrom  $i_e$  auch bei sinkender Ankerspannung  $u_a$  auf seinem Nennwert gehalten werden.

Im Feldschwächebereich sind die Ankerspannung  $u_a$  und damit der Ankerstrom  $i_a$  ohne Zünden des Thyristors 4.5 konstant. Das Bremsmoment steigt mit dem Erregerstrom  $i_e$  an, der Antrieb wird mit konstanter Leistung gebremst.

Unterhalb der Grunddrehzahl sinkt die Ankerspannung  $u_a$  drehzahlproportional und damit auch der Ankerstrom  $i_a$ .

Unterschreitet der Ankerstrom  $i_a$  eine vorbestimmte untere Toleranzgrenze, so wird der Thyristor 4.5 gezündet und dadurch der Teilwiderstand 4.4 kurzgeschlossen. Begrenzt durch den Teilwiderstand 4.3, den Ankerwiderstand und die Ankerinduktivität steigt der Ankerstrom  $i_a$  im Kreis Gleichstrommotor 1, Grätzbrücke 4.2, Teilwiderstand 4.3, Thyristor 4.5 an. Bei Erreichen der oberen vorbestimmten Toleranzgrenze wird der Thyristor 4.5 wieder gelöscht, der Ankerstrom  $i_a$  fällt wieder ab. Durch Wiederholung dieses Vorgangs können der Ankerstrom  $i_a$  und damit das Bremsmoment bis nahe dem Stillstand der Maschine konstant gehalten werden. Die Bremsleistung fällt in diesem Bereich drehzahlproportional ab.

Nach einer weiteren bevorzugten Variante ist es auch möglich, nur den Erregerkreis über eine Diodenbrücke zu speisen und den Bremswiderstand direkt an den Anker anzuschließen. Bei wechselnder Polarität sind dann zwei antiparallel geschaltete Thyristoren (GTO's) erforderlich.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und der zugehörigen erfindungsgemäßen Anordnung läßt sich die kürzestmögliche Bremszeit erreichen, da während des ganzen Vorganges das maximal zulässige Bremsmoment erreicht wird.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Notbremsung von Gleichstromantrieben, bei dem beim Bremsvorgang ein oder mehrerer Bremswiderstände in den Ankerkreis des Gleichstrommotors geschaltet werden, dadurch gekennzeichnet, daß der Erregerstrom ( $i_e$ ) für den Gleichstrommotor (1) während des Notbremsbetriebes von einem von der Ankerspannung ( $u_a$ ) des Gleichstrommotors (1) gespeisten Pulssteller geliefert wird, mit dem der Erregerstrom ( $i_e$ ) im gesamten Drehzahlbereich so geregelt wird, daß sich im Magnetkreis des Gleichstrommotors (1) der maximal zulässige Magnetfluß einstellt.
2. Verfahren zur Notbremsung von Gleichstromantrieben nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich ein Steller für den Bremsstrom vorgesehen ist, der den Ankerstrom im Ankerstellbereich konstant zu halten vermag.
3. Verfahren zur Notbremsung von Gleichstromantrieben nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Erregerstromsteller den Erregerstrom ( $i_e$ )

derartig regelt, daß im Feldschwächbetrieb die Ankerspannung ( $u_a$ ) und im Ankerstellbereich der Erregerstrom ( $i_e$ ) selbst konstant gehalten werden.

4. Verfahren zur Notbremsung von Gleichstromantrieben nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Ankerstrom durch periodisches Kurzschließen eines Bremswiderstandes oder eines Teils des Bremswiderstandes konstant gehalten wird.

5. Verfahren zur Notbremsung von Gleichstromantrieben nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die für den Pulsbetrieb nötige Kreisinduktivität durch die Induktivität des Ankers des Gleichstrommotors (1) realisiert wird.

6. Verfahren zur Notbremsung von Gleichstromantrieben nach Anspruch 2 bzw. Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die für den Pulsbetrieb nötige Kreisinduktivität durch eine zusätzliche Drosselspule realisiert wird.

7. Schaltungsanordnung zur Notbremsung von Gleichstromantrieben, bei dem beim Bremsvorgang ein oder mehrere Bremswiderstände in den Ankerkreis des Gleichstrommotors geschaltet werden, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Pulssteller ein Transistorpulssteller ist.

8. Schaltungsanordnung zur Notbremsung von Gleichstromantrieben, bei dem beim Bremsvorgang ein oder mehrere Bremswiderstände in den Ankerkreis des Gleichstrommotors geschaltet werden, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Pulssteller ein Thyristorpulssteller ist.

9. Schaltungsanordnung zur Notbremsung von Gleichstromantrieben, bei dem beim Bremsvorgang ein oder mehrere Bremswiderstände in den Ankerkreis des Gleichstrommotors geschaltet werden, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Bremsstromsteller aus einem mit einem Thyristor (4.5) periodisch kurzzuschließenden Bremswiderstand (4.4), ggf. in Reihe mit einem weiteren Teilwiderstand (4.3), besteht.

10. Schaltungsanordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Erregerstromsteller aus einer Speicherdrosselspule (4.7), einem zu dieser über eine Sperrdiode (4.9) parallel angeordneten Speicherkondensator (4.8) und einem in Reihe angeordneten Thyristor (4.6) besteht, wobei die Erregerwicklung (2) des Gleichstrommotors (1) parallel zum Speicherkondensator (4.8) geschaltet ist.

11. Schaltungsanordnung nach den Ansprüchen 8, 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Thyristor eine über das Gate abschaltbarer (GTO-)Thyristor ist.

12. Schaltungsanordnung nach Anspruch 7 oder 8 und/oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Informationselektronik (4.10) für die Steuerung des Bremsstromstellers und des Erregerstromstellers aus der Ankerspannung ( $u_a$ ) des Gleichstrommotors (1) gespeist ist.

13. Schaltungsanordnung zur Notbremsung von Gleichstromantrieben, bei dem beim Bremsvorgang ein oder mehrere Bremswiderstände in den Ankerkreis des Gleichstrommotors geschaltet werden, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 und/oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Erregerstromsteller und/oder der Bremsstromsteller über eine Grätzbrücke (4.2) mit

der Ankerspannung verbunden sind.

14. Schaltungsanordnung zur Notbremsung von Gleichstromantrieben, bei dem beim Bremsvorgang ein oder mehrere Bremswiderstände in den Ankerkreis des Gleichstrommotors geschaltet werden, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 und/oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Erregerstromsteller und/oder der Bremsstromsteller über die Kontakte eines Negativschützes (4.1) mit der Ankerspannung verbunden sind.

15. Schaltungsanordnung zur Notbremsung von Gleichstromantrieben, bei dem beim Bremsvorgang ein oder mehrere Bremswiderstände in den Ankerkreis des Gleichstrommotors geschaltet werden, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 und/oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Erregerstromsteller und/oder der Bremsstromsteller über Thyristoren mit der Ankerspannung verbunden sind.

16. Schaltungsanordnung zur Notbremsung von Gleichstromantrieben, bei dem beim Bremsvorgang ein oder mehrere Bremswiderstände in den Ankerkreis des Gleichstrommotors geschaltet werden, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 und/oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der oder die Bremswiderstände über antiparallel geschaltete Thyristoren direkt mit der Ankerspannung verbunden sind.

17. Schaltungsanordnung nach den Ansprüchen 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Thyristoren über das Gate abschaltbarer (GTO-)Thyristoren sind.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

